

放射線・光連成解析手法によるシンチレーション検出器の応答解析

林 真照, 西沢 博志, 仲嶋 一, 中西 正一

三菱電機株式会社

【背景】

シンチレーション検出器では、検出器と放射線との相互作用であるシンチレーション発光、およびその後段の集光過程により、検出器の応答が決まる。しかし、検出器が大型化するにつれて、検出器内での光の吸収や減衰が無視できなくなり、検出器応答に対する光の伝播過程の影響が大きくなる。このため、シンチレーション検出器の応答を正確に求めるには、放射線とシンチレータの相互作用だけでなく、光伝播特性も考慮する必要がある。

【方法】

シンチレーション検出器の最終出力である電荷出力 Q は式 (1) で表されるが、エネルギー付与のみに注目した解析では、その後の集光効率の低下による検出器全体の出力低下は解析できないため、解析精度の点で不十分である。同じく、光学材料の物性のみからでは、放射線入射と連動した形での局所的な光学特性(例えば端部での集光効率低下等)は解析できない。

そこで、大面積プラスチックシンチレータを例に、光伝播過程を考慮した解析手法を構築した。本解析手法では、まずEGS5 による放射線挙動解析により ΔE を求める。次に、シンチレーション発光点からライトガイドを介して光電子増倍管に入射するまでの光伝播過程の解析にて F_{optical} を算出する。最終的にそれらを連成させ検出器の応答を算出する。

$$Q = \Delta E \times N_{\text{scin}} \times F_{\text{optical}} \times f_Q \times G \times e \quad (1)$$

- ΔE : 検出器へ付与されたエネルギー
- N_{scin} : シンチレーション発光効率
- F_{optical} : シンチレーション光の伝播効率
- f_Q : 光電子増倍管光電面の量子効率
- G : 光電子増倍管の増幅率
- e : 素電荷

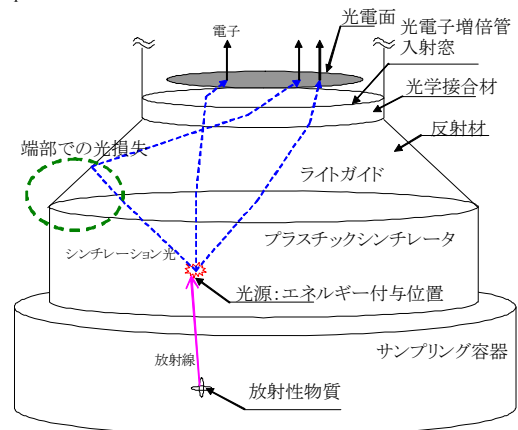


図1 放射線・光連成解析モデルの一例

連成解析手法の妥当性については、 β 線密封線源を用いた検証試験を実施し、測定結果と解析結果の比較から評価を行った。

【結果】

β 線密封線源 (^{208}Tl および ^{137}Cs) に対する測定の結果、放射線・光連成解析によるシミュレーション結果は、50keV以下の低エネルギー領域を除いて、密封線源の強度誤差範囲内で検出器の応答を再現していることが確認された。

研究会では、放射線・光連成解析手法の構築と検証結果の詳細について報告する。